



东南亚与南亚 油气资源及其评价

叶德燎 王 骏 刘兰兰 陈荣林 编著



石油工业出版社

东南亚与南亚油气资源及其评价

叶德燎 王 骏 刘兰兰 陈荣林 编著

石油工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

东南亚与南亚油气资源及其评价/叶德燎等编著.
北京:石油工业出版社,2004.8
ISBN 7-5021-4698-9

I. 东…

II. 叶…

III. ①油气藏-评价-东南亚

②油气藏-评价-南亚

IV. P618.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 054906 号

东南亚与南亚油气资源及其评价
叶德燎 王 骏 刘兰兰 陈荣林 编著

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:www.petropub.com.cn

总 机:(010) 64262233 发行部:(010) 64210392

经 销:全国新华书店

印 刷:石油工业出版社印刷厂印刷

2004 年 8 月第 1 版 2004 年 8 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:7.75

字数:198 千字 印数:1—500 册

定价:25.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

前 言

在当前国际和国内形势下，无论是油气生产者还是油气消费者都十分重视对全球油气资源状况的了解。众所周知，石油和天然气既是一种商品，又是一种关系到国家安全和经济发展的特殊战略物资，在世界经济技术和能源一体化日益发展的今天，各国为保证本国的能源安全制定出了一系列政策，鼓励本国石油公司到海外去进行油气勘探和开发。

我国是一个石油资源相对匮乏的国家，1993年开始成为石油净进口国。随着我国国民经济持续快速发展，对油气的需求量不断增加，我国在“十五”期间及以后一段时间内的新的石油需求几乎将全部依赖于进口，这已是一个不争的现实。中国石化集团公司是国内最大的石油化工企业，每年原油需求量为 1×10^8 t，但原油自给率仅为26%左右，大部分石油缺口都由中石油和进口供给。

自党的十三大以来，党中央一直坚持“走出去”战略，鼓励国内石油公司积极开发和利用国外石油资源。为此，中国石化集团公司也积极制定了“立足陆相、开拓海外、油气并重、走向国际、依靠科技、降本增效”24字上游企业油气勘探的发展战略，把“走向国际”作为上游发展战略的一个重要组成部分是十分科学的。从目前国内生产形势来看，加强对国外油气资源的勘探开发，重视国际市场的开拓，已经十分迫切。如何充分利用国外的石油资源，有效解决束缚石化集团公司发展的资源瓶颈是当前面临的新课题。近年来，国际原油价格的波动和上涨致使中国石化集团公司对原油的加工和化工产品的生产成本大大增加，如1999年就增加成本达100亿左右。很显然，对于一个融上、下游于一体的中国石化集团公司，“进行海外油气田的勘探和开发，建立稳定的海外原油供应基地”是集团公司实施这一战略的具体体现，是保证集团公司效益免受国际油价影响的重要举措。因此，有必要充分利用现有的经济实力、人力资源和技术装备，在加强国内油气资源勘探开发的同时，走出国门，投资于国外的油气勘探开发市场，并依据以“资源为基础、投资环境作保障、技术为手段和效益为目标”的选区原则，即选择那些油气资源比较丰富、与我国外交关系良好且其国内政治经济较稳定、技术上可行和预期经济效益良好的地区作为海外战略目标区，积极获取“份额油”，使集团公司规避国际市场的原油价格波动，保证下游企业的稳定生产和经营。

实现“走出去”的战略，进行跨国油气勘探和开发工作，也是目前中国石化集团公司面临的新课题，面对一系列外部环境的变化，既有机遇，又有挑战。跨国勘探和开发最大的优点在于有广阔的可供选择的机会，很多地区都可能成为我们的勘探对象，可以在世界范围内寻找优质油气田，提高勘探开发效益。而同时又面临诸多困难，因为跨国勘探是在所在国的土地上进行，该国在允许外国公司获得利润的同时，也要保护自身的利益，为此制定了各种法律来规范石油合同的执行。此外，国际油气勘探开发市场的竞争十分激烈，面临的形势也十分严峻，要应对来自各方面的挑战。对地质学家来说，将面临许多新的课题，因为他们要研究许多新的地区、新的盆地和新的油气田。同时，他们要不断深化对全球油气资源分布和勘探机会的研究，逐步做到主动提出勘探合作方向、重点地区和具体区块。其中，地质条件与资源条件是选区正确与否的关键，只有选区正确、经营得当，海外勘探和开发项目才能获得成功，才能获得可观的经济效益。

为了实现石油供给的多元化,规避当前石油进口集中带来的风险,作者对东南亚及南亚地区油气资源进行了调查研究,并对这2个地区的重点盆地进行了投资选区评价及勘探开发战略研究,即调查研究了东南亚及南亚地区重点盆地的油气地质特征、资源潜力、资源分布以及勘探开发程度等;结合其所在国的地理、经济、政治、政策法规及国外油气投资有关信息的研究,为海外勘探开发选区提供决策依据。

东南亚和南亚是我国的近邻,具有地理上的优势,同时,它也是世界上重要的油气产区之一,但是,油气资源有限。截止到2000年底,东南亚和南亚的石油剩余探明储量为 $22 \times 10^8 \text{ t}$,仅占世界石油剩余探明储量的1.6%。但据第14届世界石油大会(1994)资料,东南亚最终石油资源量为 $233.7 \times 10^8 \text{ t}$,最终天然气资源量为 $26.5 \times 10^{12} \text{ m}^3$,分别占世界的7.5%和8.1%。由此可以看出,东南亚和南亚在有限的油气资源条件下尚有较大的油气勘探和开发潜力。目前,东南亚及南亚地区的主要产油气国家有印度尼西亚、马来西亚、文莱、泰国、越南、缅甸、菲律宾、老挝、印度、巴基斯坦、孟加拉等国。

该区是一个地质演化史极为复杂的地区,特别是东南亚地区。它长期以来一直处于横亘全球的特提斯构造域的东南端,伴随特提斯的发育形成了许多大大小小的陆地和地体。从大约在70Ma之前的晚白垩世以来,由于印度板块的向北移动以及澳大利亚板块的影响,发生地体与地体之间以及地体与大陆之间的碰撞与拼合,不仅在拼合过程中存在过渡性的地壳和外大陆架沉积体系,而且,在碰撞与拼合后,构成了具有相当宽度的增生褶皱带,这些都对该区的沉积盆地的产生和演化产生了影响并增加了复杂性。根据现有资料认为,该区发育的盆地的性质主要为弧后盆地,同时,又有弧前的拉张盆地、陆地上的拉张断陷等各类大小不等的盆地。据初步统计,沉积盆地大约有125个之多,它们发生、发育的时代以新生代为主,也有少量如马来巽他板块与印度板块碰撞后发育的一系列中生代盆地。因而,该区的油气评价和找油的勘探目的层具有多样性。

本书是在油气资源调查研究的基础上编辑而成的,因此本书具有以下特点。

(1) 在广泛收集资料的基础上,吸收了近年来有关单位和专家的研究成果,对东南亚和南亚地区区域地质特征和含油气盆地背景进行了简明阐述,有利于对区内产生的各类含油气盆地进行评价。

(2) 结合东南亚和南亚地区各国的政治、经济和资源情况(大部分资料截止到2001年),对各国的石油(包括天然气)勘探和开发形势作了简要介绍。

(3) 重点介绍了印度河盆地、泰国湾盆地、苏门答腊盆地群、爪哇盆地群和孟买盆地等9个含油气盆地的地质演化史、石油地质特征及油气田分布规律,每个盆地选择1~2个油气田为例加以说明。

(4) 根据含油气盆地选区评价原则,作者提出和建立了一套针对工区内主要含油气盆地的相对量化的评价标准,进行了定量一半定量的评价。并认为该套评价方法也可在其他地区推广应用。

(5) 对东南亚及南亚地区油气勘探开发战略提出了分两个工作层次的建议,指出,首选介入和投资工作的是中苏门答腊盆地、南苏门答腊盆地、印度河盆地和西北爪哇盆地。积极准备、寻找机会、适时介入和投资工作的是北苏门答腊盆地、泰国湾盆地、伊洛瓦底盆地、东爪哇盆地、沙捞越盆地和库泰盆地。

本书由叶德燎、王骏、刘兰兰、陈荣林编著。各章节的编写人员为:前言为叶德燎;第1部分由陈荣林编写;第2部分由陈荣林、叶德燎编写;第3部分由叶德燎、刘兰兰、陈荣

林编写；第4部分由叶德燎、王骏编写；全文由陈荣林修改、统编；最后由叶德燎、王骏定稿。

在本书有关内容的调查研究工作中，除了全体同仁的一致努力外，还得到了中国石化石油勘探开发研究院和无锡实验地质研究所两级领导的大力支持，得到了中国石化海外研究中心有关专家的指导，在此一并致以谢意。

由于作者水平有限，难免有不当之处，敬请读者批评指正。

目 录

1 东南亚与南亚区域地质和沉积盆地	(1)
1.1 区域地质特征	(1)
1.2 沉积盆地	(6)
2 东南亚与南亚油气资源和勘探开发形势	(12)
2.1 东南亚与南亚油气资源	(12)
2.2 东南亚与南亚各国的油气勘探和开发形势	(13)
3 主要盆地的石油地质特征及其油气资源	(21)
3.1 泰国湾盆地	(21)
3.2 印度河盆地	(36)
3.3 北苏门答腊盆地	(51)
3.4 中苏门答腊盆地	(63)
3.5 南苏门答腊盆地	(73)
3.6 西北爪哇盆地	(79)
3.7 文莱—沙巴盆地	(89)
3.8 孟买盆地	(93)
3.9 巴拉望盆地	(97)
4 勘探开发及选区评价	(103)
4.1 选区评价原则	(103)
4.2 评价的指标及其量化	(103)
4.3 勘探开发与选区评价建议	(106)
参考文献	(117)

1 东南亚与南亚区域地质和沉积盆地

1.1 区域地质特征

1.1.1 东南亚地区区域地质

东南亚地区（亚洲的东南部分）的区域地质和构造极其复杂，从稳定的暹罗湾陆架到邻接澳大利亚北部的稳定陆架之间，存在一系列的大陆边缘、小洋盆和岛弧系，使东南亚成为地球上研究现代的构造过程及其在近代地质史上构造活动的最重要的区域之一（图 1-1）。

总的来说，东南亚地区由冈瓦纳大陆北部边缘在古生代至中生代分裂出来的许多大大小小的陆块和地体组成（任纪舜等称之为亲冈瓦纳陆块群）。大约在晚白垩世以来，由于印度洋的扩展，印度板块向北移动以及澳大利亚板块的影响，发生了洋壳的向北俯冲，地体与地体之间以及地体与大陆之间发生了碰撞与拼合，在拼合过程中，不仅构成了过渡性的地壳和外大陆架沉积体系，而且，在碰撞与拼合后，还构成了具有相当宽度的增生褶皱带。这些都影响了该区沉积盆地的发生和演化并增加了其复杂性。直到目前为止，还有许多问题尚未搞清（如菲律宾海板块的运动），有的则因资料精度不高（如许多古地磁资料等）致使地质学家有不同的看法。据 BP 研究中心 Daly 等（1987）的研究，在 70Ma 前的晚白垩世时，印度以 15~20cm/a 的速度向北移动，由于洋壳的俯冲，在欧亚大陆南缘形成岩浆弧带，包括现在见于喜马拉雅山脉的白垩纪岩基以及缅甸、马来亚、加里曼丹东南的 I 型花岗岩。根据 Daly 等所作的东南亚板块复原图可以看出，藏北和印支块体相连，藏南则与缅甸、马来和印尼的苏门答腊、爪哇为同一陆块地带。东南亚的蛇绿岩和混杂岩分布图也表明了块体之间缝合带的位置，因而，东南亚至少包括两个陆块，即印支块体和缅马—巽他块体。

东南亚地区西北部为印支块体，它又可分为中缅地块、Phu Hoat 地块、印支地块和东马地块等。这些地块是古生代从冈瓦纳大陆北部边缘分离出来的，因而，其具有前寒武纪的结晶基底。这些地块一直向北漂移，直到中生代早期，它们和华南地块碰撞缝合，形成印支块体。Hayashi（1989）根据卫星照片（Landsat）资料发现印支块体存在两组主要构造：在华南和越南北部有 NW—SE 向构造，红河断裂就分布在这条构造带中；从泰国北部经过老挝到越南，存在 NNE—SSW 向构造，奠边府断裂带分布于此带内。在红河断裂带内分布 Song Da 和 Song Ma 蛇绿岩带（Hutchson, 1975）。在奠边府断裂带中存在 Uttaradit 蛇绿岩带。因此 Hayashi 将印支块体分成三部分：自西向东为 Shang Thai 地块、昆嵩（Kan Tum）地块和华南地块。在昆嵩地块和 Shang Thai 地块之间，古特提斯洋向西俯冲，二叠纪时这两个板块缝合在一起。在华南地块和昆嵩地块之间，中特提斯洋向西南俯冲，于三叠纪时两个地块沿 Song Da 和 Song Ma 带缝合在一起。

缅马—巽他块体包括掸邦地块和巽他地块两部分。掸邦地块从缅甸到马来半岛，包括自北向南延伸长达 2000km 的石炭—二叠纪滨海相杂砾岩沉积，古生物和古气候均表明当时属冷水沉积环境，故推断此地块在石炭—二叠纪时仍处于冈瓦纳大陆边缘，二叠纪后才裂离北移。巽他地块包括东马、西马和婆罗洲等，其西界为拉廊—空迈右旋剪切断裂，东界为通过北大年盆地—马来盆地—西纳土纳盆地的一系列走滑断裂与印支块体相接。东马来半岛见含

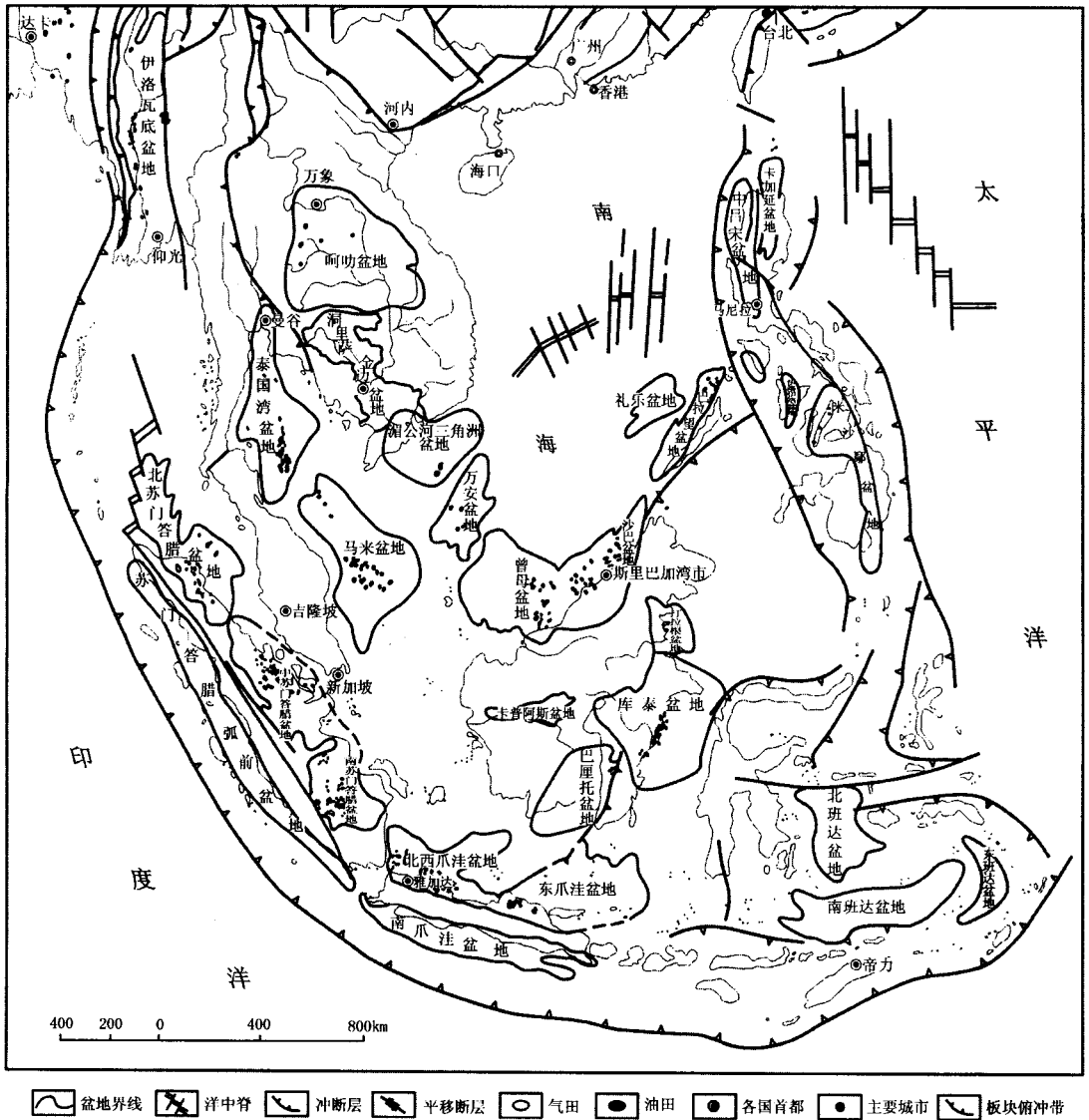


图 1-1 东南亚含油气盆地及主要油气田分布示意图
(据叶德燎等简化, 2002)

石炭—二叠纪植物群的滨海相页岩及火山岩系, 可能为岛弧沉积。因下石炭统中含有与澳大利亚关系密切的生物种属, 而中石炭统的腕足类又与欧亚相似, 推测其在晚泥盆—早石炭世时裂自于澳大利亚板块。在加里曼丹岛中西部, 不整合于石炭—二叠纪之下的一套结晶片岩为起源于酸性、基性火山岩、凝灰岩和碎屑岩的沉积岩系经变质而成的片岩、片麻岩, 时代难以确定。其北侧与马来西亚交界处, 在石炭—二叠系之下为连续沉积的泥盆系老板岩, 该处石炭—二叠系为硅质岩、千枚岩、板岩、粘土岩、泥灰岩等, 局部含煤和火山岩。此套沉积与东马同期地层有相似之处, 可能当时同属于一个块体。三叠纪时, 两者同样发育复理石沉积, 伴有中酸性火山岩系。侏罗纪时, 在西婆罗洲沉积缺失, 而在马来半岛则发育磨拉石建造。白垩纪时, 西婆罗洲北侧为滨海、泻湖、港湾相沉积, 马来半岛则为浅海陆相砂砾岩, 因此, Schmidtke 等 (1990) 认为, 从晚白垩世起, 西婆罗洲与马来半岛已是一个稳定

地块 (图 1-2)。

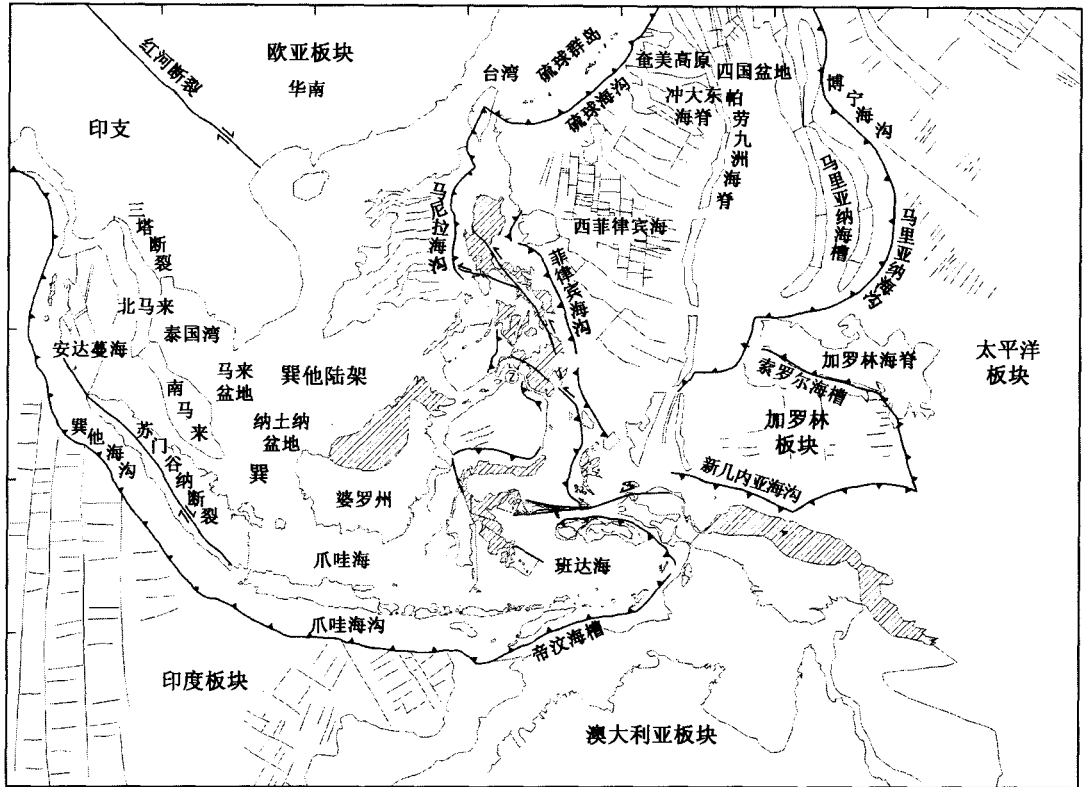


图 1-2 东南亚地质构造略图

(引自“Energy overview in East and Southeast Asia”, 2002)

马来半岛西侧的安达曼海，其西边以安达曼—尼科巴海脊和西安达曼断层为界，北以通向伊洛瓦底三角洲的陆坡为界，向东陆坡通向与缅甸和泰国半岛接壤的墨吉阶地和墨吉陆架，向南安达曼海则以向苏门答腊北岸抬升的陡峭斜坡为界。安达曼中央裂谷最深，裂谷宽 5~8km，沉积最薄，热流值高。此裂谷的扩张轴为 NE—SW 走向，向南可追踪到安达曼海的南部，被 N—S 走向的转换断层分割成不连续的短小裂谷；向北沿阿尔科特海山东缘是一段更长更弯曲的海脊，被伊洛瓦底海底扇的边缘沉积物所覆盖。海脊向南延伸到中央裂谷。海底沉积物厚度不等，各地不一。安达曼海形成的过程是：最初安达曼海—科尼巴海脊在缅甸/泰国半岛附近，白垩纪至渐新世，在半岛下面发生消亡作用。中新世时，一南北向裂谷沿现已是墨吉阶地的边缘张开，Curry (1979) 认为，这个阶地可能为一条原始的火山弧的一部分，这条火山弧因前弧盆地的发育而分裂。扩张在南北方向发生，向西北方向扩张的部分就逐渐在 NE—SW 轴上形成。随后的发展趋于各段海脊联成一线，此过程一直延续到现代，并发育成安达曼海。据报导，安达曼海北端伊洛瓦底江携带沉积物充填了正在发育的该海的北部，在那里第三纪的海相和河流相沉积物厚达 17km。

加里曼丹 (婆罗洲) 岛位于南海南部，以卢帕尔断裂为界。西部和南部婆罗洲的基底由古生代和中生代火成岩、沉积岩和变质岩组成，北部为新生代俯冲增生楔。卢帕尔断裂西部分布着北西向晚白垩世—早始新世的拉姜群，其东北部分布着古新世至前早中新世的克拉克群。Hutchson (1986) 指出，西婆罗地块的最老岩石是结晶片岩，主要为云母片岩。其年

龄为石炭纪到二叠纪，其中，花岗岩年龄为 320~201Ma。在这些基底中，也存在石英闪长岩、英闪岩和花岗岩等侵入岩，它们的钾—氩年龄为 153~75Ma，和中国大陆燕山运动的年代相当。从卢帕尔断裂至米里带，中间为古晋带。这里最古老的岩石为结晶片岩，且间隔分布，已强烈褶皱为片状绿岩相，其年龄为晚白垩世至二叠纪。古晋带中的火成岩宽 200km，它以低变质的沉积岩和古晋带分隔。锡布带为沉积巨厚（15km）并增生到西婆罗洲的地体，为一增生楔，其时代为晚白垩世至第三纪。东部加里曼丹分布着米里带，下伏大陆地壳，基底由 Long Bawan 组和 Kalalan 组组成。Long Bawan 组为粗粒透镜状砂岩、红色泥岩和煤层，时代为晚白垩世到始新世。Kalalan 组为块状灰岩，夹页岩和石灰岩，已强烈褶皱，时代与 Lang Bawan 组相同。

巴拉望岛上最古老的岩石是片岩、千枚岩、板岩和石英岩。在北巴拉望，这些岩层上覆中二叠世的砂岩、凝灰岩和板岩以及中到晚二叠世的纺锤蜓灰岩。石灰岩之上又不整合地覆盖着中三叠世牙形石燧石岩。在民都洛岛，最古老的岩石是由闪石片岩和板岩组成的变质基底，它和北巴拉望的二叠纪岩石相对应。在乌卢根断裂之南，巴拉望为蛇绿岩岛弧，由蛇绿岩、闪岩和绿片岩组成。它们在沿东南倾斜的逆冲席出露，并与晚白垩世至早中新世砂岩、页岩、泥岩和石灰岩混杂。强烈的变形被解释为南海中生代洋壳沿南沙海槽俯冲而形成的增生楔沉积。B. A. Натальик (1991) 认为，巴拉望岛上的蛇绿岩可以与加里曼丹岛东部弗尔湾的蛇绿岩相对比，很可能它们向婆罗洲东南的默拉吐斯方向延伸过去，假如再考虑到其他的蛇绿岩露头，例如在三宝颜半岛、棉兰老岛和北苏拉威西半岛上的蛇绿岩，而这些蛇绿岩又因苏禄海和苏拉威西海的张开而脱离了它们原来的位置，可以推测，原先存在的一个统一的巨大的蛇绿岩带应该是从民都洛岛一直延伸到加里曼丹的南部。Hinz (1983) 认为，此蛇绿岩地体是由东南向西北逆冲产生的外来地体。因此，Hutehson (1986) 将北巴拉望和民都洛解释为从华南分离出来的微陆块。

苏拉威西岛由 4 个构造单元组成：西部为火山—深成岩弧，中部为变质岩带，东部为蛇绿岩带及 Bannggai-Sula, Tukang Besi, Buton 大陆碎片。古地磁资料表明，苏拉威西的西南和东南在侏罗纪—早白垩世起源于不同的区域，西南苏拉威西在白垩纪时和马来半岛及加里曼丹联在一起，东南苏拉威西蛇绿岩具印度洋壳的起源，晚渐新世时，此蛇绿岩位于西苏拉威西大陆边缘上。从早中新世（25Ma）开始，西南苏拉威西和东南苏拉威西分别和西苏拉威西碰撞，形成了苏拉威西岛。

哈马黑拉岛位于苏拉威西岛东北部，属菲律宾板块的一部分。其东部为菲律宾海沟，菲律宾板块在这里向西俯冲，俯冲深度 200~300km；西部的马鲁古海板块向西俯冲，俯冲深度约 600km。哈马黑拉岛的东部为蛇绿岩基底，西部为火山弧基底。沿东西向穿过该岛的平衡剖面表明，这里由于褶皱和逆冲而缩短了 60km。在地质历史中，哈马黑拉岛一直和菲律宾海板块一起运动。

鸟头岛在中生代和澳大利亚板块分离。在渐新世末它为单一微板块。在 25Ma 前，其北部为 Sorong 断裂系，并和菲律宾海板块的南端接触，以后发生碰撞。

菲律宾群岛由蛇绿岩和白垩纪—第三纪火山弧组成。其东部为菲律宾海沟，菲律宾海板块沿该海沟向西俯冲，菲律宾群岛为此俯冲带的火山弧；西部为马尼拉海沟，南海洋壳沿此海沟向东俯冲，菲律宾群岛亦为该俯冲带的火山弧。古地磁表明，菲律宾海板块在第三纪的转动历史为：在 25~5Ma 时，转动 35°；在 40~25Ma 时，无转动；在 50~40Ma 时，转动 50°。地质资料表明，从早中新世开始，菲律宾群岛位于菲律宾海板块的南部，为该板块的

一部分。Hall (1996) 重建东南亚板块时认为, 菲律宾群岛是前寒武纪绿岩带的残余, 在新生代表现为俯冲带的火山弧。

区域地质资料表明, 马来半岛由石炭纪到晚三叠世时的两个花岗岩带组成, 花岗岩侵入到寒武纪和晚三叠世的褶皱海相灰岩中。沿半岛西岸出现早古生代陆架型沉积层序, 表明, 古生代时, 在半岛西海岸西面有大陆存在 (Burton, 1973; Bignell 和 Snelling, 1977), 这些沉积物则沉积在大陆断裂边缘的环境内。Mitchell (1978) 认为, 西边的前陆和现在的半岛之间的相互碰撞造成了等斜褶皱的古生代源岩被晚三叠世花岗岩的侵入, 并可设想, 在碰撞之前存在一个向东倾斜的贝尼奥夫带, 由此可以用来解释马来亚半岛内发育的边缘盆地和不同的花岗岩带之间的差异。古地磁资料表明, 古生代时半岛位于大约北纬 15° 处, 因而不能成为冈瓦纳古陆的一部分 (McEhlinney 等人, 1974), 并说明, 自白垩纪中期以来马来亚半岛和西加里曼丹有一个 50° 的逆时针旋转。

苏禄海是一个长 600km, 宽 400km 的海盆, 包括西北苏禄海盆、卡加延脊和东南苏禄海盆。西北苏禄海盆的水深为 1000~2000m, 东南苏禄海盆的水深达 5000m, 宽 130~140km, 其基底具洋壳特征。ODP 资料揭示, 基底为斑状橄榄玄武岩。覆盖于基底之上的最老沉积为早中新世含放射虫红泥, 表明, 基底是在早中新世由海底扩张而形成的。卡加延脊介于西北和东南两个苏禄海盆之间。ODP771 井资料表明, 在这里, 中中新世至上新世含超微化石泥灰岩和泥岩覆于早中新世火山砾岩、凝灰岩和玄武岩之上。拖网资料表明, 基底是由钙碱性安山岩、英安岩和流纹岩组成。因此, 卡加延脊被解释为火山岩覆盖的大陆地壳。西北苏禄海盆是婆罗—苏禄碰撞带的一部分。地震和钻井资料表明, 在这里, 新生代最早沉积与早中新世南海海底扩张停止的构造事件相对应。在基底之下存在洋壳碎片, 因此, 其可以解释为逆冲碰撞带。

1995 年, Robert Hall 等发表的研究报告应用了大量古地磁资料并使用 ATLAS 模型重塑了东南亚特别是印尼的地质史, 认为, 在 5000 万年前, 欧亚板块形成了一个稳定的大陆区域, 其大陆边缘为东北—西南向, 台湾、北巴拉望和现在婆罗洲的西北部均位于这一大陆边缘外的大陆架, 它们形成于白垩纪时期。巽他古陆与欧亚板块被一宽广的可能以中生代洋壳为底的始南中国海割开。该洋南部边缘为另一被动大陆边缘, 位于从婆罗洲延伸到三宝颜的窄的大陆岬的西北方, 巽他古陆呈西北—东南向, 不仅存在一走滑边缘, 而且表明因印度洋岩石圈倾斜消减而造成的部分活动边缘的存在。可以推断, 4000 万年前, 印度洋板块北部边缘的消减带从巽他一爪哇海沟向东扩展, 根据明显的磁异常认为, 菲律宾海也开始扩张。3000 万年前, 始南中国海南部继续消减, 西菲律宾海的扩张可能已经停止, 印支块体受到左旋的红河断裂和右旋的三塔和王朝断裂向东挤压。2000 万年前, 菲律宾板块的顺时针旋转运动使得东南亚板块边界发生变化, 包括南中国海的扩展和欧亚大陆东边新消减带发生重新定位。婆罗洲开始逆时针旋转, 形成了北婆罗洲边缘的强烈区域不整合, 同时, 引起西苏拉威西的逆时针运动以及大部分邻近的巽他块体的小规模的逆时针运动。而马来亚是一个例外, 它开始顺时针旋转, 因此, 它仍然与印支块体和南马来亚相连。1000 万年前, 婆罗洲的旋转结束, 加上菲律宾群岛中心的碰撞、民都洛岛早期的碰撞以及澳大利亚继续向北运动的倾向, 导致了板块的重组以及菲律宾群岛板块内的变形, 在巽他陆块西端苏门答腊内的收敛分割为正交的消减和走滑运动, 并形成了一个南苏门答腊前弧板块, 随之而来的延伸引起了安达曼海内洋壳的发展。5Ma 前, 菲律宾弧吕宋北部与欧亚大陆边缘在台湾发生碰撞, 菲律宾板块的旋转轴心转移到板块北部的一个位置, 顺时针旋转继续进行, 新的运动改

变了原有的定位和产生新的板块边界，马尼拉、桑义赫和哈马黑拉海沟的消减继续进行，同时，内格罗斯和菲律宾海沟开始了新的消减。在班达海，塞兰海槽发生明显的消减，班达火山弧向东延伸。从5Ma开始，南班达海扩展到现在的大小，其可能是由前弧和弧内的扩展所致。

1.1.2 南亚地区的区域地质

南亚，其地理位置是指亚洲南部印度半岛等地区，北起喜马拉雅山南坡，西北至苏莱曼山，东北到那加山、阿拉干山西麓，向南包括斯里兰卡岛以及马尔代夫群岛、拉夫代夫群岛、阿明迪维群岛、查戈斯群岛等。

南亚的地质构造位置主要是位于印巴次大陆或者称为印度板块，它自晚三叠世开始从冈瓦纳大陆分离而形成后，经历了中侏罗到晚白垩世的大陆漂移，中始新世至今与欧亚板块碰撞。

印度板块是一个稳定克拉通，板块南部印度半岛的基底岩系大量出现太古界和下元古界的结晶岩和侵入岩等，并成为地盾。最老的盖层从上元古界开始，但在约900~1000Ma前和约600~700Ma前曾发生两次地壳变动，并伴随有相当广泛的岩浆活动和热变质作用，最后使半岛全部上升。古生代地层沉积自晚石炭世开始。板块北部包括克什米尔和喜马拉雅山系在内，其地层发育以稳定类型为主，下古生界发育不全，上古生界多海陆交互相，中生界和下第三系以海相为主。所谓喜马拉雅运动在沉积上表现为第三纪中期以后强的差异升降和巨厚的山前磨拉石堆积。从地层记录分析，其均可归属于冈瓦纳大陆范围。板块的西界在苏莱曼山前带以东，印度河谷及盐岭以西。东界北端在那加山系，即大约在迈立开江变质带之西，向南沿缅甸轴部带向西，到阿拉干山系的山前带。

1.2 沉积盆地

1.2.1 东南亚的沉积盆地

东南亚的沉积盆地发生在晚白垩世大面积花岗岩侵入之际到克拉通化以后。其中，最早的盆地是位于泰国东部、部分位于老挝的呵叻盆地，为一基底为印支克拉通的前陆盆地。该盆地在大地构造上相当稳定，仅在盆地的边缘有些褶皱、断裂和隆起。巽他大陆南缘在始新世开始出现弧前和弧后两种盆地系统。弧后盆地系统有北、中、南苏门答腊和东、西爪哇，它们是受南北两个右行走滑断层控制的拉分盆地。在缅甸块体上，晚始新世后形成了拉张断陷，泰国北部陆上为一些小的南北向地堑盆地，而进入泰国湾则盆地加大，至马来西亚海上转向东南，直到西纳土纳和彭尤洼陷，统称马来亚—泰国湾盆地。缅甸的伊洛瓦底盆地则是另一个特殊的弧前盆地，西侧是阿拉干山东缘蛇绿岩带的边界断层，东侧是掸邦地块的边界右行走滑断裂，与印度—亚洲板块的运动和由印尼南部向缅甸西部运移的南北向火山弧前的活动密切相关。始新世到早中新世，当掸邦地块中出现裂开盆地的时候，这里应是地块西缘的被动边缘，直到晚中新世，因阿拉干的深海沉积逆转成为冲断褶皱山的增生边缘，形成了与南部安达曼海洋壳分裂同时期的沉积槽地（图1-3）。

根据现有资料，这些沉积盆地主要为聚敛型板块边缘沉积盆地，其中，弧后盆地特别发育，同时，也有弧前的拉张盆地和陆地上的拉张断陷等。盆地发生、发育的时代以新生代为主，也有少量盆地（如马来巽他板块与印度板块碰撞后发育为一系列中生代盆地）属于中生代盆地。因而，该区的油气评价和找油的勘探目的层具有多样性。

在东南亚的南部，即婆罗洲和印度尼西亚岛弧地区，婆罗洲是亚洲大陆向南延伸的部分，称“巽他古陆”，其南部为岛弧—海沟—盆地系统。巽他古陆在古生代时为与特提斯相通的海槽，古生代末褶皱上升成陆。在相当于我国燕山运动后期，形成了第三系盆地的基底。白垩纪时，与俯冲有关的加积作用把爪哇、东爪哇海、东加里曼丹和苏拉威西连成一片，中生代时，两侧海槽不断向中间俯冲，伴随岩浆活动，使陆块增生扩大，形成了巽他古陆及其外围的岛弧。早第三纪时，弧后和部分陆地因断陷形成沉积盆地。印度尼西亚的苏门答腊和爪哇岛弧系由上古生界一下第三系沉积岩、变质岩及酸性—基性侵入岩和火山岩组成。主体为内火山弧，其与南侧的第三系外弧隆起间为弧间盆地，内弧与巽他陆架之间为一系列弧后盆地。婆罗洲东部在晚第三纪时有一排大陆边缘的三角洲盆地，以望加锡海槽与苏拉威西弧相隔。印度尼西亚西部的各油气盆地主要是上第三系的弧后盆地和大陆边缘的三角洲盆地。

澳大利亚与欧亚板块交汇处的地质结构十分复杂，在晚第三纪时形成班达岛弧（苏门答腊—爪哇岛弧系的向东延伸部分）、苏拉威西岛弧的哈马黑拉岛弧以及一些弧间盆地。

菲律宾群岛为环太平洋西岸造山带的一部分，属菲律宾板块向欧亚板块俯冲形成的沟弧盆地构造体系。其有四个弧沟系统扭结在一起，西为马尼拉海沟—内格罗斯海沟—哥打巴托海沟，东南为巴拉望海槽和苏禄海小洋盆，东为菲律宾海沟。菲律宾断裂带从棉兰老岛东部开始呈北北西向弧形切割整个群岛，主体是左行横推断裂伴有右行横推断层。此外，还有转换断层切过，菲律宾群岛的构造格局因此更加复杂。前中生代时，菲律宾群岛为活动区，到三叠纪可能出现岛弧。经中生代至第三纪末的构造运动，岛弧进一步褶皱隆起，分离与合并，形成岛弧构造和沉积盆地的雏形。晚第三纪普遍海侵，伴有火山活动。群岛东部中、新生代岩浆活动强烈，现代火山发育，地震频繁，构造走向北北西。晚第三纪盆地众多且呈狭长状，因渐新世末的块断运动，形成、发育有大致平行盆地走向的褶皱和断裂，由于新生代区域构造运动强烈，盆地构造和地层具多变的特点，群岛西部岩浆活动和地震较少，相对稳定，构造大体呈北东向，盆地较开阔，多在海上，为目前油气勘探的重要地区。

菲律宾第三纪盆地大体可分为两类。群岛东部9个盆地为弧间盆地，各个盆地的第三纪层序非常相似，沉降急速，纵横向岩性变化大，颗粒分选差，主要是上第三系的海相地层和火山碎屑岩，基本上可以进行古生物学对比，沉积厚度4000~8000m。这些盆地不同程度地

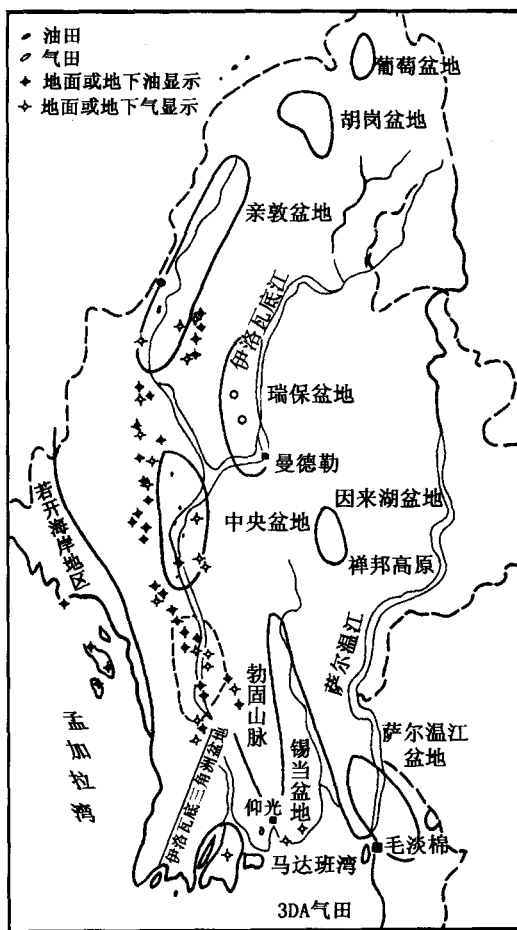


图 1-3 缅甸的沉积盆地和油气田分布
(引自“世界产油国”，1998)

进行过油气勘探, 仅获得油气显示。

群岛西部南巴拉望和苏禄盆地为晚第三纪基底活动形成的弧后盆地和陆缘盆地, 海相沉积比较稳定, 地层向西南可与沙巴盆地对比, 发育有礁灰岩和砂岩, 有利于储油, 巴拉望是菲律宾主要的工业油气盆地。

综上所述, 东南亚地区由于复杂的地质历史造就了众多的沉积盆地类型。其主要为发育于中生代的新老克拉通盆地、前陆盆地、裂谷盆地和被动大陆边缘盆地和新生代的被动大陆边缘盆地、裂谷盆地和弧后盆地等, 后者是东南亚最主要的含油气盆地。

其含油气盆地类型主要分为下列几大类。

聚敛型板块边缘沉积盆地。其油气主要位于板块边缘扩张带, 其次位于海沟边缘, 如印度尼西亚的含油气盆地、马来西亚的含油气盆地等。

离散型板块边缘沉积盆地。在我国南海东部和东南部发育这一类盆地, 如北巴拉望盆地、礼乐盆地等。

聚敛型板块边缘与大陆碰撞的沉积盆地。其发育在欧亚板块与印度板块等边缘碰撞后形成的盆地, 如缅甸的伊洛瓦底盆地等。

东南亚主要含油气盆地的盆地与聚敛型板块边缘沉积盆地最为密切, 弧后盆地和前陆盆地成为评价最好的含油气盆地类型。

1.2.2 南亚的沉积盆地

印度主陆属克拉通稳定地台。以其东西向纳尔默达—桑 (Narmada—Son) 裂谷带为界, 分为北部的 Bundelkhand 原始陆地和南部的 Dharwar Singbhum 原始陆地。纳尔默达—桑裂谷带属克拉通内部的转换裂系, 在此基础上发育的盆地称为克拉通扭张盆地, 主要有萨特普拉 (Sqtapura) 盆地、德干 (Deccan) 台向斜, 后者也称纳尔默达盆地 (图 1-4)。

在南北原始陆地内主要发育内克拉通拗陷盆地, 它们是陆壳简单下沉形成的。由于处于在稳定的克拉通内部, 沉积岩以成熟的碎屑岩和碳酸盐岩为主, 沉积环境是陆相到浅海相, 内克拉通盆地主要有温迪亚 (Vindhyan) 盆地、巴斯特 (Baster) 盆地、古德伯 (Guddapah) 盆地、格拉德吉 (Kaladgi) 盆地和皮马 (Bhima) 盆地。其中, 温迪亚盆地是印度最大的内克拉通盆地, 面积达 $18.1 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。在克拉通南部还发育有内克拉通裂谷盆地。这些盆地是在晚古生代沿古缝合线经扩散和拉张作用形成的, 包括布兰西达—戈达瓦里 (Pranhita—Godavari) 盆地、桑—纳尔默达地堑盆地、Purnea 盆地等。其中, 布兰西达—戈达瓦里盆地是印度典型的内克拉通裂谷盆地, 大致沿戈达瓦里河分布, 走向南南东, 北起纳尔默达—桑中陆裂谷, 东至东海岸。沉积以陆相—三角洲相为主, 夹少量海相地层。

西海岸克拉通边缘盆地属被动离散边缘盆地。由北向南依次是卡奇 (Kutch) 盆地、古加拉特盆地, 孟买盆地、喀拉拉 (Kerala) 盆地、贡根 (Konkan) 盆地, 其间, 发育四个基底隆起 (Saurashtra 隆起、孟买高隆起、Vengurla 隆起和 Tellicherry 隆起), 这些盆地的演化与晚三叠世、早侏罗世冈瓦纳大陆分离有关。晚三叠世至早第三纪, 边缘盆地的演化有两个主要的断陷阶段, 早期为陆内断裂旋回, 晚期为边缘拗陷旋回。

在印度克拉通边缘西北角 (西海岸北部) 发育的坎贝 (Cambay) 盆地为边缘拗拉谷盆地。印度东海岸依次发育有孟加拉盆地、默哈讷迪地堑盆地、达莫德尔 (Damodar) 盆地、桑—默哈讷迪盆地、恰蒂斯—加 (Chhatis—Garh) 盆地、巴拉尔盆地、科佛里盆地、巴拉尔盆地、克里希纳—戈达瓦里盆地等。这些盆地属于克拉通周缘裂谷盆地, 形成于晚侏罗期印度板块与南极板块分离的环境下, 盆地内以复活的滑移断层为界分成一些基底隆起 (地

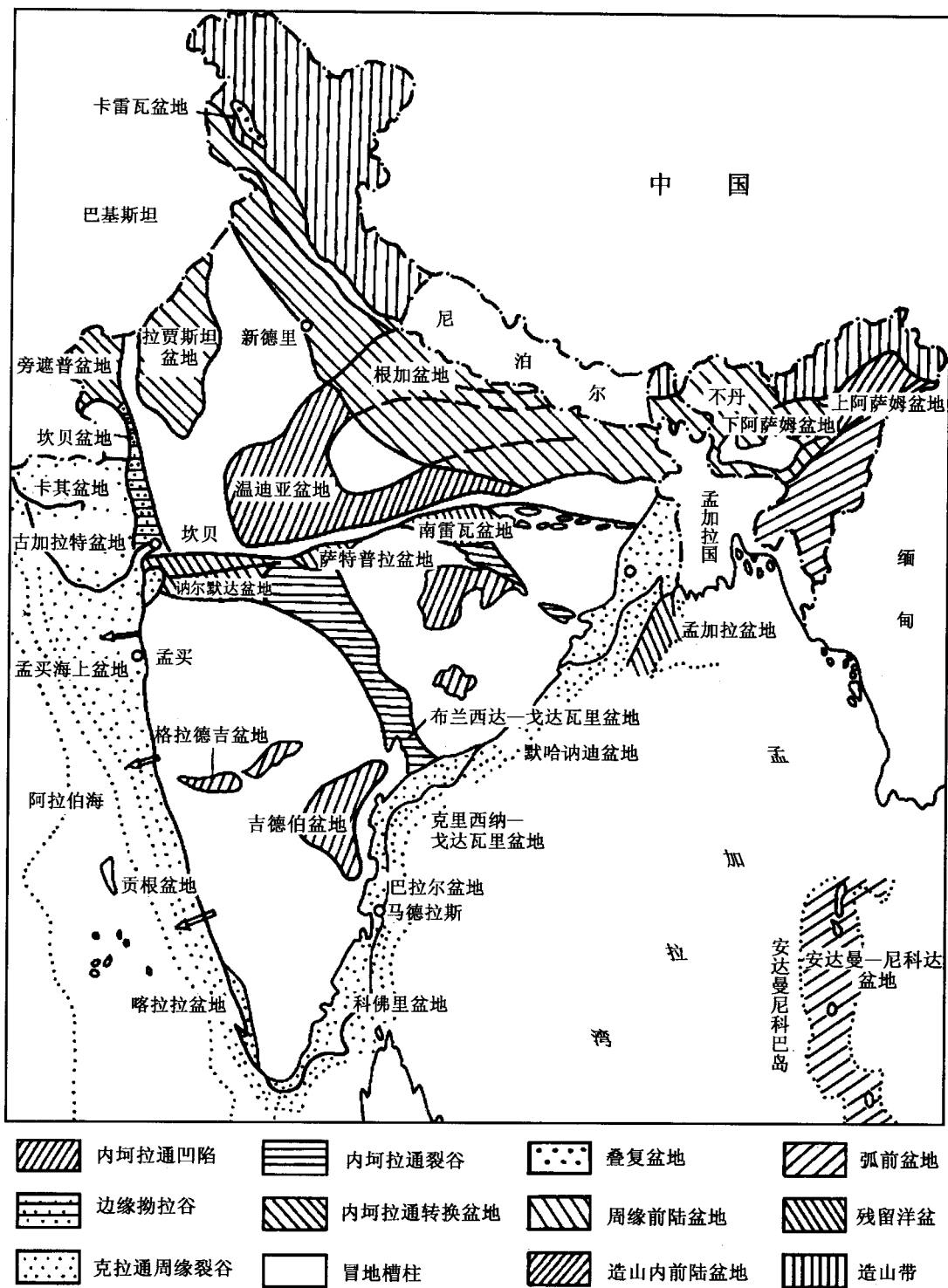


图 1-4 印度的沉积盆地
(引自“世界产油国”，1998)

垒)和坳陷(地堑)。东海岸东北部受到晚渐新世印度板块与缅甸所在板块的碰撞的影响以及东印度板块沿安达曼—尼科巴—苏门答腊岛弧俯冲的影响,在东海岸北部以及孟加拉一带还发育有残留洋盆,如在孟加拉盆地东部。

印度北部位于喜马拉雅褶皱系内,区内发育有与造山运动有关的四类沉积盆地,它们是在印度板块与欧亚板块碰撞下形成的。碰撞后,造山带内部结构破裂下陷形成叠覆盆地;克拉通前陆向造山带前缘俯冲导致造山带的快速抬升及前陆前缘的下挠,形成的周缘前陆盆地;两个造山带向同一克拉通前陆同时会聚导致了造山带间形成的前陆盆地;弧沟复合体俯冲形成的弧前盆地。

周缘前陆盆地是印度北部的主要盆地类型,其分布面积占北部全部盆地面积的80%以上,其主要盆地有根加(Ganga)盆地(又称恒河盆地)、拉贾斯坦(Rajasthan)盆地、旁遮普(Punjab)盆地和下阿萨姆盆地等。其中,拉贾斯坦盆地和旁遮普盆地是巴基斯坦印度河盆地的向南延伸部分。

卡雷瓦(Karewa)盆地是目前惟一被确认的印度较大的叠置盆地,它位于印度西北角的造山复变体内,为一第四纪盆地。

在印度东北部发育有一造山带内的前陆盆地——上阿萨姆盆地。它是喜马拉雅造山带与阿萨姆—Arakan造山带相向汇聚形成的。

在印度东北部的造山带内,还见弧前盆地,主要有科希马(Kohima)盆地、安达曼盆地和Tripura—Mizoram盆地。

巴基斯坦东南部位于印度板块的西缘,北部属喜马拉雅褶皱系的西端,西部为喜马拉雅褶皱系的分支——苏莱曼褶皱带。苏莱曼褶皱带向南延伸部分为马克兰褶皱带。这些褶皱带实际上是印度板块西北部的缝合线,主要由中生界和基性侵入岩组成,经历了多次构造运动,断裂发育,褶皱强烈。在褶皱带以西的俾路支山区为俾路支盆地。在该盆地中,已知最老的地层是下白垩统。由于该盆地构造复杂,新生代沉积层过厚,目前缺乏油气资源,又处于偏僻山区,故对该盆地的地质情况了解不多。

在位于喜马拉雅褶皱带西段以北、苏莱曼—马克兰褶皱带以东的大片沉积区中,在巴基斯坦境内至少有发育三大沉积盆地,原先统称为印度河盆地,实际上可以分为3个盆地,由北往南分别为上印度河盆地、旁遮普盆地和下印度河盆地。其总面积约 $80 \times 10^4 \text{ km}^2$,其中,陆上面积约 $60 \times 10^4 \text{ km}^2$,占全国陆地总面积的四分之三,近海面积 $20 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

印度河盆地为一不对称大向斜,东南缓,西北陡。盆地内有许多背斜褶皱,褶皱强度向地台变缓。盆地基底是前寒武纪变质岩和侵入岩,缺失奥陶系—石炭系。由西北向东南沉积盖层逐渐变薄,一般厚为15000m以上。第三系最为发育,厚约10000m,以海相砂页岩和碳酸盐岩为主,部分见陆相沉积。三叠系、侏罗系和白垩系为石灰岩地层夹砂岩,产层主要是始新统裂缝型灰岩,厚60~250m。

上印度河盆地位于喜马拉雅山西段与苏莱曼褶皱带交汇处的东南部,喜马拉雅山碰撞带南侧主边界断层以南直到盐岭冲断层之间属印度河上游区,面积 $11 \times 10^4 \text{ km}^2$,通常将其又进一步分为两个次盆地。伊斯兰堡向南的广大地区称为波特瓦尔(Potwar)次盆地,已发现了十多个较大的油田。白沙瓦以南的上印度河盆地西侧称为科哈特亚(Kotwar)次盆地,还没有油气发现。

下印度河盆地位于印度河下游地区,面积 $36 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。东以印度地盾为界,西以印度—巴基斯坦板块边缘为界,分为北侧的苏莱曼(Sulaiman)次盆地和南侧的吉尔特尔